

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Thermal micro flow sensor and production method thereof

Patent Number: ☐ EP0696725, B1
Publication date: 1996-02-14
Inventor(s): NEDA TOKUDAI (JP)
Applicant(s): TOKYO GAS CO LTD (JP)
Requested Patent: ☐ JP8054269
Application Number: EP19950112616 19950810
Priority Number(s): JP19940190319 19940812
IPC Classification: G01F1/68
EC Classification: G01F1/684M
Equivalents: DE69513749D, DE69513749T, JP2880651B2, ☐ US5656773

Abstract

A thermal micro flow sensor including a heating wire, said heating wire being made of a material having a resistivity in the range from 3.1×10^{-7} OMEGA m to 2×10^{-2} OMEGA m like polysilicon so that said heating wire has a resistance about 1 k OMEGA, said heating wire being formed on a semiconductor material so that said heating wire has a thermal isolation structure for isolating said heating wire from said semiconductor substrate.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-54269

(43) 公開日 平成8年(1996)2月27日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 F 1/68

G 0 1 P 5/12

C

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-190319

(22) 出願日 平成6年(1994)8月12日

(71) 出願人 000220262

東京瓦斯株式会社

東京都港区海岸1丁目5番20号

(72) 発明者 根田 徳大

東京都豊島区東池袋1-48-6-808

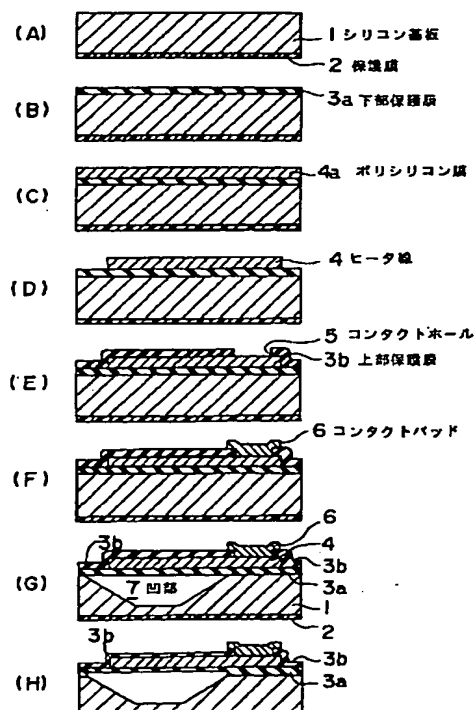
(74) 代理人 弁理士 鈴木 弘男

(54) 【発明の名称】 熱式マイクロフローセンサ及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 低流速から高流速まで測定可能な広い測定レンジを有し、電池駆動を十分可能にする程度に消費電力が小さく、応答性に優れ、大量生産が容易な熱式マイクロフローセンサ及びその製造方法を提供することである。

【構成】 本発明の熱式マイクロフローセンサは、抵抗率において $3.1 \times 10^{-2} \sim 2 \times 10^{-2} \Omega m$ の範囲を有する材料を用いて、抵抗値がほぼ $1 k \Omega$ になるように半導体基板1上に熱絶縁構造の形態で半導体微細加工技術によって形成されたヒータ線4を具備する。該ヒータ線4の材質の一例としてポリシリコンが用いられる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 抵抗率において $3 \cdot 1 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-2} \Omega \text{m}$ の範囲を有する材料を用いて、抵抗値がほぼ $1 \text{ k} \Omega$ になるように半導体基板上に熱絶縁構造の形態で形成されたヒータ線を具備することを特徴とする熱式マイクロフローセンサ。

【請求項2】 前記ヒータ線の熱絶縁構造が架橋または片持ち梁構造であることを特徴とする請求項1記載の熱式マイクロフローセンサ。

【請求項3】 前記ヒータ線が、その材料をポリシリコンとし、半導体微細加工技術を用いて前記半導体基板上に形成されたことを特徴とする請求項1記載の熱式マイクロフローセンサ。

【請求項4】 前記ヒータ線が、 $7 \sim 10 \mu \text{m}$ の線幅と $0.5 \sim 2 \mu \text{m}$ の厚さを有することを特徴とする請求項3記載の熱式マイクロフローセンサ。

【請求項5】 前記ポリシリコンにドーピングを施すことによって、所望の抵抗率が前記ヒータ線に与えられていることを特徴とする請求項3及び4のいずれか一方に記載の熱式マイクロフローセンサ。

【請求項6】 前記ヒータ線が、ヒータ線コンタクト及びその引き出し線部の抵抗率よりも他の部分の抵抗率の方が大きくなるように形成されていることを特徴とする請求項5記載の熱式マイクロフローセンサ。

【請求項7】 半導体微細加工技術を用いてシリコン基板の下面全域に保護膜を $0.01 \sim 0.5 \mu \text{m}$ の範囲の膜厚で成膜することと、

前記シリコン基板の上面全域にCVD、スパッタリングまたは熱酸化によって $0.1 \sim 2 \mu \text{m}$ の範囲の膜厚でヒータ線用の下部保護膜を成膜することと、

前記下部保護膜の上面全域にCVDによって $0.5 \sim 2 \mu \text{m}$ の範囲の膜厚でヒータ線となるポリシリコン膜を成膜し、その後抵抗率が $3 \cdot 1 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-2} \Omega \text{m}$ になるように該ポリシリコン膜にドーピングを施すことと、

前記ポリシリコン膜を所望の線幅及び形状のヒータ線に形成するために、該ポリシリコン膜にエッチングを施すことと、

前記ヒータ線形成後のシリコン基板の最上面全域にCVDまたはスパッタリングによって $0.1 \sim 1.5 \mu \text{m}$ の範囲の膜厚で上部保護膜を成膜した後、ヒータ線コンタクト部にコンタクトパッド埋め込み用のコンタクトホールを形成するためにエッチングを施すことと、

前記コンタクトホールを含むシリコン基板の最上面全域にスパッタリングまたは蒸着によって $0.1 \sim 1 \mu \text{m}$ の範囲の膜厚でAu膜を成膜した後、該Au膜をコンタクトパッドに形成するためのエッチングを施すことと、

下面から $50 \sim 200 \mu \text{m}$ の厚さが残るように、前記シリコン基板の上面からダイシングを行うことと、

前記ヒータ線を前記シリコン基板から熱的に絶縁するよ

うに、ヒータ線の下方に位置するシリコン基板部に異方性エッチングを施すことによって、そこに $50 \sim 300 \mu \text{m}$ の範囲の深さを有するアンダーカット凹部を形成すること、の各ステップを含むことを特徴とする熱式マイクロフローセンサの製造方法。

【請求項8】 前記ドーピングがイオン注入及び拡散によって行われることを特徴とする請求項7記載の熱式マイクロフローセンサの製造方法。

【請求項9】 前記ドーピングが拡散剤塗布及び拡散によって行われることを特徴とする請求項7記載の熱式マイクロフローセンサの製造方法。

【請求項10】 前記イオン注入が、ヒータ線の各部においてイオン注入量が異なるように行われることを特徴とする請求項8記載の熱式マイクロフローセンサの製造方法。

【請求項11】 前記イオン注入が、1回目は前記ポリシリコン膜全体に施され、2回目はヒータ線コンタクトとなる部分及びその引き出し線部に施されることを特徴とする請求項10記載の熱式マイクロフローセンサの製造方法。

【請求項12】 前記イオン注入が、1回目はヒータ線コンタクトとなる部分及びその引き出し線部に施され、2回目は前記ポリシリコン膜全体に施されることを特徴とする請求項10記載の熱式マイクロフローセンサの製造方法。

【請求項13】 前記異方性エッチングを施すステップの後に、前記ヒータ線を被覆する前記上部及び下部保護膜を可能な限り薄膜化するためのエッチングを施すステップを更に含むことを特徴とする請求項7記載の熱式マイクロフローセンサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はフローセンサに関し、特に半導体微細加工技術を用いて製造される熱式マイクロフローセンサ及びその製造方法に関する。

【0002】このマイクロフローセンサは、超小型なので細いガス管などの狭所に設置してガスの流速を測定することに利用され得る。また、消費電力が極めて小さいので、電源の取れない場所でも電池駆動の流速計として設置することができる。さらに、数 mm/s 程度の微流速から数十 m/s の高流速までを1つのセンサで測定可能なので広レンジ型フローセンサとして用いることができる。

【0003】

【従来の技術】シリコンなどの半導体基板上に半導体微細加工技術を用いて微細なヒータ線を形成した熱式マイクロフローセンサであって、これを流体の流通路に設置して、流体によって奪われる前記ヒータ線の熱が流量に依存して変化するという原理を用いた熱式マイクロフローセンサは従来から知られている。この種のフローセン

サは比較的容易にかつ大量生産方式で製造することができ、しかも小型で、電力消費が少なく、処理回路等の他の電気回路との接続が容易である等の利点を有するので、流速や流量の測定に近年広く用いられるようになってきている。

【0004】最近では、センサ自体の感度を向上させ、しかも熱損失を減らすために、半導体基板上でヒータ線を架橋構造または片持ち梁構造として、熱線と半導体基板との間の熱絶縁性を高めている。

【0005】また、半導体基板上に形成されるヒータ線の材質としては、従来一般に白金、金、銅、アルミニウム、クロム、ニッケル、タングステン、パーマロイ (FeNi) といった金属材料が用いられている。

【0006】上記した熱式マイクロフローセンサの1例が特公平3-52028号公報に開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】センサとしては、測定に際してノイズを抑えて所定の大きさの出力を確保する必要があり、一方、消費電力はできる限り小さいことが望ましい。そのためには、ヒータ線へ流す電流を0.5〜10mAにし、ヒータ線の端子電圧を1〜10Vにすることが望ましい。また、ヒータ線自体の抵抗値としては0.5〜10kΩにすることが望ましく、好適には全体で1kΩ程度の抵抗値を有するヒータ線が所望される。

【0008】熱式フローセンサの消費電力は、ヒータ線から流体へ伝達される単位時間当たりの熱量 Q_1 とヒータ線から基板へ逃げる熱量 Q_2 との和に等しい。ヒータ線と基板との間の熱絶縁を十分に行った場合には、消費電力は Q_1 で決定される。この Q_1 はヒータ線と流体との接触面積 S に比例する。実験によると、消費電力を数十mW以下に抑えるには接触面積 S を0.02mm²程度以下にする必要があることがわかった。

【0009】ヒータ線の材質に金属材料を用いた場合、金属の抵抗率は 10^{-7} Ωm程度以下なので、消費電力を数十mW以下に抑えて、1kΩの電気抵抗値を得るには、ヒータ線幅を5μm以上とすれば、ヒータ線の膜厚を0.1μm程度以下にしなければならない。しかし、このように薄い膜厚では架橋構造または片持ち梁構造として基板上で自立するだけの強度を持つことができない。従って、支持体が必要になるわけであるが、支持体を設けることによって発熱しない部材の割合が大きくなり、ヒータ線による昇温効率が低下する。その結果、センサの応答性及び感度が悪くなる。感度を向上させるには、ヒータ線の発熱温度を高くすることが望ましいが、膜厚が薄くなると電流密度が大きくなってエレクトロマイグレーション等による断線などが生じ易くなる。

【0010】また、ヒータ線の材質として特開昭61-235725号公報に示されているようなサーミスタ材料を用いた場合には、抵抗値を1kΩ程度まで下げた

めに膜厚を2μm以上にする必要がある。その結果、熱容量が大きくなり過ぎて応答性を十分上げることができない。さらに、サーミスタ材料を用いたセンサを大量生産する場合、材料の物性値のばらつきが大きくなり、歩留が低くなる。

【0011】本発明は従来技術における上記問題点を解決するためになされたもので、その目的とするところは、低流速から高流速まで測定可能な広い測定レンジを有し、応答性に優れ、消費電力の小さい、大量生産が容易な熱式マイクロフローセンサを提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の熱式マイクロフローセンサの主たる態様によれば、抵抗率において $3.1 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-2}$ Ωmの範囲を有する材料を用いて、抵抗値が1kΩ程度になるように半導体基板上に熱絶縁構造の形態で形成したヒータ線を具備する熱式マイクロフローセンサが提供される。

【0013】本発明の熱式マイクロフローセンサの第2態様によれば、上記主たる態様に記載のヒータ線の熱絶縁構造は架橋または片持ち梁構造である。

【0014】本発明の熱式マイクロフローセンサの第3態様によれば、上記主たる態様に記載のヒータ線は、その材料をポリシリコンとし、半導体微細加工技術を用いて半導体基板上に7〜10μmの線幅でかつ0.5〜2μmの厚さに形成される。

【0015】本発明の熱式マイクロフローセンサの第4態様によれば、上記第3態様に記載のヒータ線に所望の抵抗率が与えられるように、ポリシリコン膜にドーピングが施される。

【0016】本発明の熱式マイクロフローセンサの第5態様によれば、上記第4態様に記載のヒータ線は、ヒータ線コンタクト及びその引き出し線部の抵抗率よりも他の部分の抵抗率の方が大きくなるように形成されている。

【0017】本発明の製造方法の主たる態様によれば、半導体微細加工技術を用いてシリコン基板の下面全域に保護膜を0.01〜0.5μmの範囲の膜厚で成膜することと、前記シリコン基板の上面全域にCVDまたはスパッタリングまたは熱酸化によって0.1〜2μmの範囲の膜厚でヒータ線用の下部保護膜を成膜することと、前記下部保護膜の上面全域にCVDによって0.5〜2μmの範囲の膜厚でヒータ線となるポリシリコン膜を成膜し、その後に抵抗率が $3.1 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-2}$ Ωmになるように該ポリシリコン膜にドーピングを施すことと、前記ポリシリコン膜を所望の線幅及び形状のヒータ線に形成するために、該ポリシリコン膜にエッチングを施すことと、前記ヒータ線形成後のシリコン基板の最上面全域にCVDまたはスパッタリングによって0.1〜1.5μmの範囲の膜厚で上部保護膜を成膜した後、

ヒータ線コンタクト部にコンタクトパッド埋め込み用のコンタクトホールを形成するためにエッチングを施すことと、前記コンタクトホールを含むシリコン基板の最上面全域にスパッタリングまたは蒸着によって0.1~1μmの範囲の膜厚でAu膜を成膜した後、該Au膜をコンタクトパッドに形成するためのエッチングを施すことと、下面から50~200μmの厚さが残るように、前記シリコン基板の上面からダイシングを行うことと、前記ヒータ線を前記シリコン基板から熱的に絶縁するように、ヒータ線の下方に位置するシリコン基板部に異方性エッチングを施すことによって、そこに50~300μmの範囲の深さを有するアンダーカット凹部を形成することの各ステップを含むことを特徴とする熱式マイクロフローセンサの製造方法が提供される。

【0018】本発明の製造方法の第2態様によれば、上記主なる態様に記載のドーピングは、イオン注入及び拡散または拡散剤塗布及び拡散によって行われる。

【0019】本発明の製造方法の第3態様によれば、上記第2態様に記載のイオン注入は、ヒータ線の各部においてイオン注入量が異なるように行われる。

【0020】本発明の製造方法の第4態様によれば、上記第3態様に記載のイオン注入は、1回目はポリシリコン膜全体に、2回目はヒータ線コンタクトとなる部分及びその引き出し線部に施されるか、或いは、1回目はヒータ線コンタクトとなる部分及びその引き出し線部に、2回目はポリシリコン膜全体に施される。

【0021】本発明の製造方法の第5態様によれば、上記主なる態様に記載の異方性エッチングを施すステップの後に、前記ヒータ線を被覆する前記上部及び下部保護膜を可能な限り薄膜化するためのエッチングを施すステップを更に含む。

【0022】

【作用】3. $1 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-7} \Omega \text{m}$ の範囲の抵抗率を有し、1kΩ程度の抵抗値を有する1本のポリシリコン製のヒータ線が半導体微細加工技術を用いてシリコン基板上に形成される。該ヒータ線の本体下方に位置する基板部分はエッチングを施すことによって除去され、これによりヒータ線本体は、基板からの熱絶縁を達成するために架橋または片持ち梁構造で自立している。また、ヒータ線には各部において所望のかつ互いに異なる抵抗率が与えられるように調整されたドーピングが施される。更に、熱的かつ電氣的絶縁及び酸化防止のためにSiO₂の保護膜でヒータ線が被覆される。斯くして、低流速から高流速までの広い測定レンジを有し、電池駆*

4. 消費電力を小さくするために、 $w \ell < 20,000 \mu \text{m}^2$ が望ましく、

5. 所定の出力を得るために、駆動電圧を1~10V、駆動電流を0.5~10mAにすることが望ましく、※

7. $R = 1000 \rho \ell / dw$ (ただし、 ρ はヒータ線の抵抗率)である。

【0029】上記1~7の各条件から、本発明の熱式マイクロフローセンサに組み込まれるヒータ線4の所望の

* 動を十分可能にするほど消費電力が小さく、応答性に優れ、大量生産が容易な熱式マイクロフローセンサが提供されることになる。

【0023】

【実施例】以下、添付の図面に関連して本発明を更に詳細に説明する。

【0024】図1には本発明の熱式マイクロフローセンサの一実施例が示されており、(a)はその上面図、

(b)は(a)における線B-Bに沿った断面図である。図1の(a)及び/または(b)において、参照符号1は半導体基板としてのシリコン基板である。このシリコン基板1の下面にはまず、シリコン基板1に凹部7を形成するためにシリコン基板1に施される異方性エッチングに対する保護膜となる窒化シリコン(Si₃N₄)薄膜2が形成され、次いでシリコン基板1の上面にはヒータ線4を保護するだけでなく、ヒータ線4をシリコン基板1から電氣的かつ熱的に絶縁する役目も果たす酸化シリコンのようなガラス系の薄膜からなる下部保護膜3aが形成されている。ヒータ線4の上面には上部保護膜3bが形成されており、この上部保護膜3bのヒータ線コンタクト4bに対応する部分にはコンタクトホール5が形成され、そこにコンタクトパッド6が設けられている。ヒータ線コンタクト4bは引き出し線部4cを介してヒータ線4の本体(発熱部)と接続しており、斯くしてヒータ線4が外部の電気回路(図示せず)に接続するようになっている。図1の(a)に示されている参照符号8は、シリコン基板1に異方性エッチングを施すために下部及び上部保護膜3a, 3b貫通して形成されるエッチングホールである。

【0025】ところで、この種のセンサに使われるヒータ線に関しては、前述したセンサとして用いるための条件のほかに製造面における条件を加味する必要がある。

【0026】そこで、本発明の熱式マイクロフローセンサに組み込まれるヒータ線材の抵抗率は次のように定められる。

【0027】まず、製造面における条件として、架橋または片持ち梁構造のヒータ線の厚さ

をd、幅をw、長さをℓ(ただし、 $w < \ell$)とすると、

1. 自立強度を持たせるために、 $0.5 \mu \text{m} < d$ が望ましく、

2. 応答速度を高めるために、 $d < 2 \mu \text{m}$ が望ましく、

3. 加工を容易にするために、 $5 \mu \text{m} < w$ が望ましい。

【0028】以上の条件のほかに前述したセンサとして用いる際の条件、すなわち

※ 6. ヒータ線自体の抵抗値Rは、 $0.5 \text{k}\Omega < R < 10 \text{k}\Omega$ とすることが望ましく、更に

抵抗率ρは、 $3.1 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-7} \Omega \text{m}$ の範囲に定められる。

【0030】参考までに、従来からヒータ線材料として用いられている各種金属の抵抗率をここに列記すれば、Ptが $1.06 \times 10^{-8} \Omega m$ 、Auが $2.4 \times 10^{-8} \Omega m$ 、Wが $5.5 \times 10^{-8} \Omega m$ 、Alが $2.7 \times 10^{-8} \Omega m$ 、Niが $7.2 \times 10^{-8} \Omega m$ となり、いずれも上記したポリシリコン製のヒータ線の抵抗率に及ばないことが明らかである。

【0031】次に、図1に示した実施例の製造プロセスが図2のプロセスチャートに従って説明される。

【0032】まず、図2の(A)に示されるように、シリコン基板1の下面全域に保護膜2としての窒化シリコン(Si₃N₄)膜がプラズマCVDによって厚さ0.05 μm で成膜される。これは後述するシリコン基板1への異方性エッチングに際して、シリコン基板1の下面を保護する目的でなされるもので、酸化シリコン膜を使って保護することも可能だが、この場合には後述する工程(F)の後に常圧CVDによって0.2 μm 程度の厚さで成膜することになる。保護膜2の膜厚は0.01~0.5 μm の範囲から適宜選択される。

【0033】続いて、図2の(B)では、シリコン基板1の上面全域に後続のプロセスにおいて形成されるヒータ線4の下部保護膜3aとして酸化シリコン(SiO₂)膜が常圧CVD、スパッタリングまたは熱酸化によって厚さ0.8 μm で成膜される。この下部保護膜3aはヒータ線4とシリコン基板1との間を電気的かつ熱的に絶縁するために設けられるもので、実施例ではTEOS-SiO₂を用いたが、熱伝導率の小さい絶縁材質であれば良く、膜厚は0.1~2 μm の範囲から適宜選択される。

【0034】次に、図2の(C)に示されるように、ヒータ線4となるポリシリコン膜4aが下部保護膜3aの上面全域に例えばLPCVDのようなCVDによって厚さ1 μm で成膜され、所望の抵抗率を得るためにイオン注入及び拡散または拡散剤塗布及び拡散によってドーピングがポリシリコン膜4aに施される。このドーピングは、好適には、ヒータ線の各部において不純物の注入が異なるように調整することができるイオン注入によってなされる。更に、このイオン注入は、1回目はポリシリコン膜4aの全体に対して行われ、2回目はヒータ線コンタクト4b及び引き出し線部4cとなる各部分に対して行われ、これらの部分の抵抗率を小さくして発熱を抑えている。勿論、1回目のイオン注入をヒータ線コンタクト4b及び引き出し線部4cに対して行い、2回目をポリシリコン膜4aの全体に対して行ってもよい。なお、ポリシリコン膜4aの膜厚は0.5~2 μm の範囲から適宜選択される。

【0035】図2の(D)においては、前プロセス

(C)において成膜されたポリシリコン膜4aを所望の線幅及び形状のヒータ線4(本体以外にヒータ線コンタクト4b及び引き出し線部4cを含む)に形成するため

に、SF₆ガス存在下でのRIEによってポリシリコン膜4aにエッチングを施す。

【0036】図2の(E)では、所望のヒータ線4が下部保護膜3a上に形成された後に、シリコン基板1の最上面全域にわたって上部保護膜3bとしての酸化シリコン(SiO₂)膜がCVDまたはスパッタリングによって厚さ0.5 μm で成膜される。この上部保護膜3bの役割はポリシリコン製のヒータ線を後述のプロセスで用いられる異方性エッチング液及び外気(空気)から保護するものであって、窒化シリコン膜でも良いが、ポリシリコン製のヒータ線コンタクト4b(図1の(a)参照)が残るようにエッチングを施してコンタクトホール5を形成する処理が続いて必要になるので、酸化シリコン膜が好適に用いられる。上部保護膜3bの膜厚は0.1~1.5 μm の範囲から適宜選択される。コンタクトホール5を形成するための上部保護膜3bのエッチングとしては、B-HF液によるウェットエッチングが好適に採用される。

【0037】続いて、図2の(F)に示されるように、コンタクトホール5を含む上面全域に、ヒータ線4を図示しない電気回路と接続するためのコンタクトパッド6となるAu膜がスパッタリングまたは蒸着によって0.5 μm の厚さで成膜された後、コンタクトホール5の内部及びその周囲を残し、他の箇所のAu膜をヨウ化カリウム・ヨウ素水溶液によるウェットエッチングを施して除去する。その後、次に行われる異方性エッチングのためのエッチングホールを形成すべく、上部及び下部保護膜3b、3aの一部にSF₆ガス存在下でのRIEが施される。なお、コンタクトパッド6の材質としては異方性エッチング液に侵されず、成膜及びエッチングが容易で、しかも酸化等の経時変化が起こり難い材質であれば良く、その中で現在のところAuが最適である。また、Au膜の厚さは0.1~1 μm の範囲から適宜選択される。

【0038】その後、次の異方性エッチングを施すステップに移る前に、シリコン基板1に対してダイシングがなされる。このダイシングを行わずに異方性エッチングを施すとシリコン基板全体に応力が発生し、それによって形成された構造が破壊される虞があるからである。なお、ダイシングはシリコン基板1の上面から行われ、個々のチップを完全に切り離さずことなく、下面まで50~200 μm の厚さの切り残し部を形成しておく。図2の(G)では、ヒータ線4をシリコン基板1から熱的に絶縁するために、前プロセス(F)において形成されたエッチングホール5から異方性エッチング液(TMAHまたはKOH)を混入させ、ヒータ線4の本体下方及びその周辺のシリコン基板部分に異方性エッチングを施してその部分を除去し、そこに深さがほぼ100 μm のアンダーカット凹部7を形成する。該凹部7の深さは50~300 μm の範囲で適宜選択される。これによってヒ

ータ線4の本体は架橋または片持ち梁構造としてシリコン基板1上で自立することになる。

【0039】なお、以上の説明は1個の熱式マイクロフローセンサを対象にしたが、本発明によれば、複数個の熱式マイクロフローセンサが半導体微細加工技術を用いてシリコン基板となる1枚のウェハ上に同時に形成され得ることは言うまでもない。例えば、1枚の2インチウェハ上には144個形成することができる。

【0040】最終プロセスとなる図2の(H)では、ヒータ線4を含む検出部の熱容量を小さくしてセンサとしての応答性を向上させるために、ヒータ線4を被覆する上部及び下部保護膜3b、3aはエッチングが施されて更に薄くされる。これにより、シリコン基板1及びコンタクトパッド6との接触部を除く上部及び下部保護膜3b、3aのそれぞれの膜厚は0.1~0.5 μ mになる。なお、下部保護膜3bのシリコン基板1と接触している部分は、熱絶縁の立場から熱伝導率の小さい酸化シリコン(SiO₂)膜が元の厚さで残されるので好都合である。

【0041】次に、本発明の実施例による流速計測特性が図5及び図6のグラフにそれぞれ示される。この時の流速計測の測定系は図3に概略的に示すようになっており、所定の長さの直円管21内に流量調節弁23を介してコンプレッサ22からメタンガス等の流体が送り込まれる。本発明の熱式マイクロフローセンサを設けたセンサチップ10が直円管21内のほぼ中間位置にヒータ線4が流体と平行になるように設置されている。センサチップ10のヒータ線4には電源11及び電圧計等の測定器12が接続されている。センサチップ10の下流側には圧力計24及び基準流量計25が設けられている。

【0042】図4はセンサチップ10の拡大正面図であり、センサチップ10がガラス板13の上に固着されているのがわかる。このガラス板13の一側には一対のアルミニウム配線14、14が付着されていて、それぞれの一端はボンディング15、15を介して熱式マイクロフローセンサのコンタクトパッド6、6に接続され、一方、それぞれの他端は導線16、16を介して図3図示の電源11及び測定器12に接続されている。

【0043】図5のグラフに示される流速計測特性は、直円管21の直径を50mm、長さを2000mmとした図3図示の測定系において流速を0~40m/sまで変化させた時の定電流下(1.5mA)でのヒータ線4の電圧変化を示している。これによれば、本発明の熱式マイクロフローセンサによって約40m/sの流速まで測定できることがわかる。なお、本測定では念のため2回の測定結果を示しており、1回目には低流速から高流速へと変化させ、2回目は高流速から低流速へと変化させた。

【0044】また、図6のグラフに示される流速計測特性は、直円管21の直径を9mm、長さを2000mm、

とした図3図示の測定系において流速を0~0.1m/sまで変化させた時のヒータ線4の電圧変化を示している。カーブC1はヒータ線4の温度が一定(約100℃)になるようにヒータ線4に電流を流した時のものであり、一方、カーブC2は電源を定電流源とした時のものである。いずれの場合にも約0.01m/sの流速まで計測されている。

【0045】このように、本発明の熱式マイクロフローセンサを用いることにより、1個のセンサで0.01~40m/sもの広レンジの測定が可能になる。

【0046】参考までに、本発明の測定レンジと従来各種のフローセンサの測定レンジを比較するために、図7に測定レンジの比較図を示す。この図からも本発明の熱式マイクロフローセンサが如何に広測定レンジを有しているかが分かる。

【0047】また、本発明の熱式マイクロフローセンサの100%立ち上がり時間は5ms以下で、高速応答型になっている。

【0048】更に、消費電力はヒータ線を100℃に保つように常時通電した状態で8mW以下であり、電池駆動が十分に可能な低消費電力型になっている。

【0049】以上の説明は単に本発明の好適な実施例の例証であり、本発明の範囲はこれに限定されることはない。

【0050】

【発明の効果】本発明の熱式マイクロフローセンサは下記の諸効果を有する。すなわち、

1. ヒータ線の材質を高い抵抗率(金属の100倍以上)を有する材料にしたので、電気抵抗値を1k Ω 程度にするのにヒータ線の膜厚を0.5~2 μ m程度まで厚くすることができる。従って、ヒータ線の単位接触面積あたりの熱容量を大きくとることが可能になり、高流速(数十m/s)の測定が可能になる。
2. ヒータ線の材質をポリシリコンにすることによって、その抵抗率を不純物のドーピング量によって調整することができ、種々の特性のヒータ線を実現させることができる。
3. ヒータ線の材質をポリシリコンにすることによって、200~300℃の高温にして使用しても、エレクトロマイグレーション等による断線の心配がない。また、ヒータ線表面を酸化シリコン(SiO₂)の保護膜で包むことにより、そこに付着したゴミをクリーニングするために空気中で700~800℃程度に昇温しても酸化したり断線したりすることがない。
4. ヒータ線が超小型であり、基板から熱絶縁された構造のため、消費電力が8mW以下と小さいので、電池駆動が十分可能になる。
5. ヒータ線が超小型であり、基板から熱絶縁された構造のため、速い応答性(5ms以下)を有する。
6. 半導体微細加工技術を用いて作成されるので、容易

に大量生産され得る。

7. 増幅回路等の処理回路を同一基板上に一体的に形成することができるので、センサのS/N比を高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)及び(b)は本発明の実施例を示すそれぞれ概略上面図及び概略断面図である。

【図2】(A)から(H)まではそれぞれ本発明の実施例のプロセスチャートを示す断面図である。

【図3】本発明の実施例を用いた測定系の説明図である。

【図4】図3に示した測定系の要部の拡大正面図である。

【図5】本発明の実施例による1つの流速計測特性を示すグラフである。

【図6】本発明の実施例によるもう1つの流速計測特性を示すグラフである。

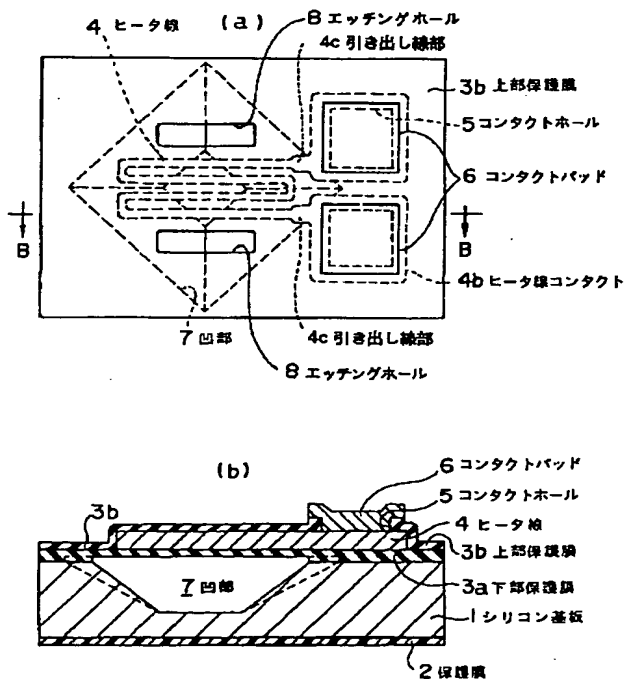
【図7】本発明の実施例を含む各種フローセンサの測定レンジの比較表である。

【符号の説明】

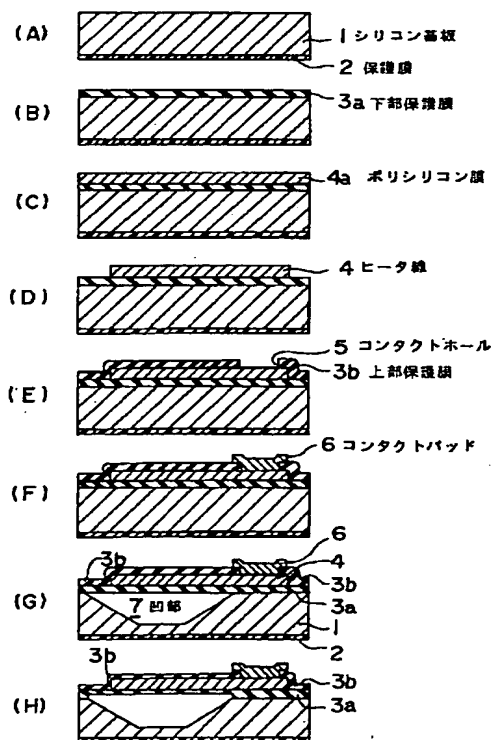
- 1 シリコン基板
2 保護膜

- * 3 a 下部保護膜
3 b 上部保護膜
4 ヒータ線
4 a ポリシリコン膜
4 b ヒータ線コンタクト
4 c 引き出し線部
5 コンタクトホール
6 コンタクトパッド
7 凹部
8 エッチングホール
10 センサチップ
11 電源
12 測定器
13 ガラス板
14 アルミニウム配線
15 ボンディング
16 導線
21 直円管
22 コンプレッサ
23 流量調整弁
24 圧力計
25 流量計

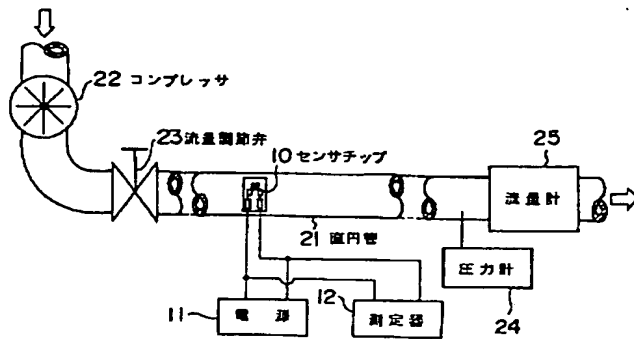
【図1】



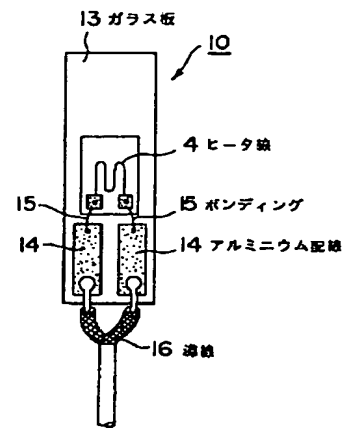
【図2】



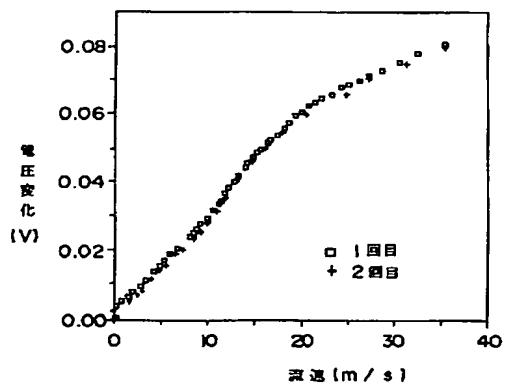
【図 3】



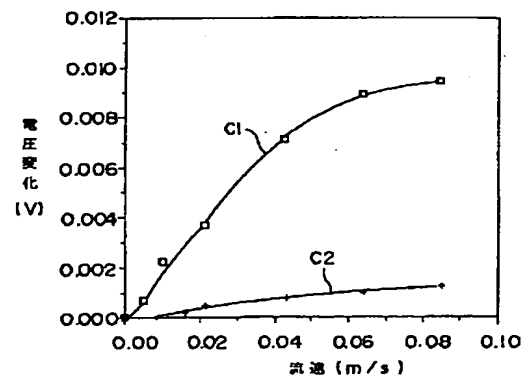
【図 4】



【図 5】

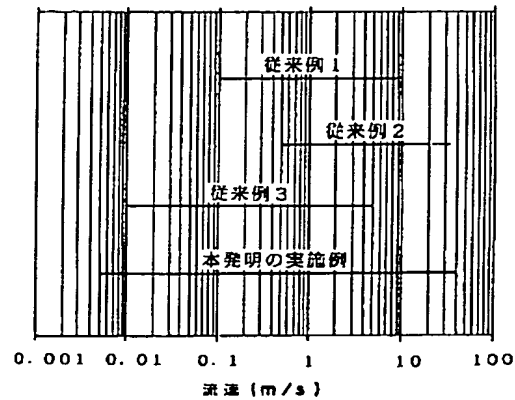


【図 6】



【図 7】

測定レンジの比較表



(備考)

従来例 1、2、3 の出典先

- 1) B.W. van Oudheusden, J.M. de Bruijn, P.J. Hoogeboom, D. Beaufort and J.H. Huijting, "Integrated Sensor for Non-Invasive Monitoring of Flow in Pipes", *Sensors and Actuators*, vol. 18, pp.259-267, 1989
- 2) D. Moser, R. Lenggenhager and H. Baltes, "Silicon Gas Flow Sensors Using Industrial CMOS and Bipolar IC Technology", *Sensors and Actuators*, vol. A25-27, pp.577-581, 1991
- 3) Euisik Yoon and Kensall D. Wise, "An Integrated Mass Flow Sensor with On-Chip CMOS Interface Circuitry", *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 39, pp.1376-1386, June 1992